

**PENERAPAN *FARMLAND FERTILITY ALGORITHM*
PADA STUDI KASUS *ASYMMETRIC TRAVELLING*
*SALESMAN PROBLEM***

SKRIPSI

Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat guna mencapai gelar
Sarjana dalam bidang ilmu Teknik Industri

Disusun Oleh:

Nama: Kevin Grahadian

NPM: 2015610190



**PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK INDUSTRI
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS KATOLIK PARAHAYANGAN
BANDUNG
2019**

FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN
BANDUNG

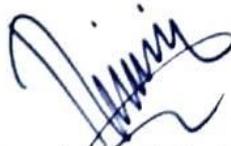


Nama : Kevin Grahadian
NPM : 2015610190
Jurusan : Teknik Industri
Judul Skripsi : PENERAPAN *FARMLAND FERTILITY ALGORITHM* PADA
STUDI KASUS *ASYMMETRIC TRAVELLING SALESMAN*
PROBLEM

TANDA PERSETUJUAN SKRIPSI

Bandung, Juli 2019

**Ketua Program Studi Sarjana
Teknik Industri**



(Romy Lince, S.T., M.T.)

Pembimbing Pertama



(Ignatius A. Sandy, S.Si., M.T.)



Jurusan Teknik Industri
Fakultas Teknologi Industri
Universitas Katolik Parahyangan

Pernyataan Tidak Mencontek atau Melakukan Tindakan Plagiat

Saya, yang bertanda tangan di bawah ini,

Nama : Kevin Grahadian

NPM : 2015610190

dengan ini menyatakan bahwa Skripsi dengan judul :

***“PENERAPAN FARMLAND FERTILITY ALGORITHM PADA STUDI KASUS
ASYMMETRIC TRAVELLING SALESMAN PROBLEM”***

adalah hasil pekerjaan saya dan seluruh ide, pendapat atau materi dari sumber lain telah dikutip dengan cara penulisan referensi yang sesuai.

Pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya dan jika pernyataan ini tidak sesuai dengan kenyataan, maka saya bersedia menanggung sanksi yang akan dikenakan kepada saya.

Bandung, 29 Juli 2019

Kevin Grahadian
NPM : 2015610190

ABSTRAK

Asymmetric travelling salesman problem (ATSP) adalah sebuah permasalahan optimisasi, di mana seorang *salesman* harus mengunjungi seluruh kota yang ada. Pada kasus ATSP jarak antara kota A ke kota B tidak sama dengan jarak kota B ke kota A. Oleh karena ATSP sendiri merupakan variasi dari permasalahan *travelling salesman problem* (TSP), tujuan dari permasalahan ini adalah mencari urutan kota yang menghasilkan jarak terpendek untuk dilalui oleh seorang salesman.

Dalam penelitian kali ini, digunakan langkah pendekatan dalam menyelesaikan permasalahan ATSP. Langkah pendekatan tersebut menggunakan *metaheuristic Farmland Fertility* (FF). FF merupakan sebuah *metaheuristic* yang terinspirasi dari kegiatan pertanian. FF melihat kegiatan para petani dalam bertani untuk mendapatkan hasil tanaman yang memiliki nilai jual yang tinggi. Para petani biasanya akan membagi-bagi sawah ke dalam beberapa bidang dan mencoba memberikan bidang tersebut pupuk yang berbeda tergantung dari karakteristik tanah yang ada. Selanjutnya para petani pun mencoba untuk mengkombinasikan tanah-tanahnya sehingga diharapkan dapat menghasilkan tanah yang baik pula yang dapat menghasilkan tanaman yang baik. Terdapat 6 parameter dalam FF, tetapi yang dijadikan tujuan penelitian hanya 3 parameter yakni α yaitu semacam pupuk yang diberikan untuk bagian pertanian terburuk, β yaitu pupuk yang diberikan untuk bagian pertanian lainnya, dan ω yaitu kemungkinan kombinasi tanah yang ada.

Dilakukan uji ANOVA terhadap 27 kombinasi yang ada yang diterapkan ke dalam lima *benchmark* ATSP. Dari hasil ANOVA tersebut didapatkan bahwa nilai α memiliki pengaruh yang signifikan di setiap kasus, sementara β hanya berpengaruh pada kasus FTV44. Dari hasil implementasi dan membandingkan dengan algoritma pembanding yakni *Elephant Herding Optimization* (EHO), *Harmony Search Algorithm* (HAS), dan *Lion Optimizer* (LO), pada kasus BR17 FF memiliki performansi yang sama baiknya dengan algoritma lainnya yakni menghasilkan solusi 39. Sementara pada kasus lainnya FF tidak menemukan *best known solution*.

ABSTRACT

Asymmetric travelling salesman problem is a optimization problem, which a salesman need to visit all the city. In ATSP case, range from city A to city B is not the same as city B to city A. Because of that, ATSP is a variation from travelling salesman problem (TSP), the purpose from this problem is that to find city route that conclude a shortest route possible for a salesman to go.

In this experiment, approach method is used to finish the ATSP problem. Metaheuristic Farmland Fertility (FF) is the approach method that used in this expereiment. FF is a metaheuristic that inspired by farming. FF sees farmers that farm to get a high quality plant to sell with high price. The farmers usually divide their farmland into some sections, and then they try to give that section some special materials depend on the soils. Next, the farmers try to combine all the soils to get a better plant. There are 6 parameters in FF, but there are only 3 parameters that will focus in this experiment. That 3 parameters are α that act as special materials to give to the worst section, β that act as special materials to give to other sections, and ω is possible combining soils.

ANOVA is used for 27 combinations to implement into five ATSP benchmarks. From the result of ANOVA, α have a significant impact to the algorithm performance. From the implementation and comparing to Elephant Herding Optimization, Harmony Search Algorithm, and Lion Optimizer, in BR17 FF has the same performance as other algorithm that result a solution of 39. In other case, FF cannot find the best known solution.

KATA PENGANTAR

Puji syukur saya sampaikan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas karunia-Nya dalam penulisan skripsi ini. Selama penulisan skripsi, bukan hanya pengetahuan yang saya dapatkan tapi berbagai pelajaran hidup lainnya pun saya dapatkan. Selain itu banyaknya dukungan dari berbagai pihak sangat membantu saya dalam menyelesaikan penulisan skripsi. Pada kesempatan kali ini, saya ingin mengucapkan terima kasih kepada beberapa pihak yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan skripsi, baik yang memberikannya secara langsung maupun tidak langsung, yaitu:

1. Pembimbing skripsi Bapak Ignatius A. Sandy, S.Si., M.T. yang telah membimbing saya menyelesaikan skripsi ini mulai dari awal hingga akhir dengan kesabaran dan juga membagikan ilmu-ilmunya serta pengalamannya kepada saya.
2. Penguji sidang proposal Ibu Cynthia Prithadevi Juwono, Ir., Ms., penguji sidang Bapak Hanky Fransiskus, S.T., M.T. dan Ibu Titi Iswari S.T., M.Sc., M.B.A. yang telah memberikan masukan-masukan dan saran mengenai penelitian yang saya lakukan.
3. Kedua orang tua saya yang telah memberikan baik secara moril maupun material.
4. Yulius Chandra Gunawan, Mario Viegar, Giovano Alberto, Vincent Junico, dan Andreas Ariz yang bersama-sama mengambil topik skripsi algoritma di semester ini dan saling memberikan masukan baik secara langsung dan tidak langsung serta memberikan dukungan kepada penulis untuk menyelesaikan skripsi ini.
5. Elvina, Muhammad Akbar Dwi Irfani, dan Stacia Marella sebagai anggota kelompok PSTI dan berbagai kelompok di perkuliahan lainnya.
6. Winny Wirianta, Paulus Januar, Riyanti Teresa, Fransisca Aurora, Adi Anjoyo, Muhammad Fathurohman, Garinsa Fantio, Hastomo, dan teman-teman kelas C angkatan 2015 lainnya yang telah menjadi teman selama diperkuliahan.
7. Margaretha Demantha Evita, Emmanuel Yudhistira Panjipratama, dan Rakhee Bhatari sebagai sahabat sejak SMA dan sahabat yang terus memberikan

saran dan dukungan yang objektif dalam penelitian ini serta mau mendengarkan kesulitan yang dialami penulis selama penulisan skripsi.

8. Claudius Chrismanto, Edelleit Rose, Laura Euginea Atmadjaja, dan Bunga Agatha yang telah memberikan dukungan selama masa penulisan

9. Sahabat-sahabat Asisten Pemrograman Komputer dan Asisten Simulasi Sistem yang telah memberikan dukungan serta menjadi sebuah keluarga yang sangat menyenangkan

10. Semua Dosen Teknik Industri UNPAR yang telah memberikan ilmunya.

11. Seluruh pekarya dan staff Teknik Industri UNPAR.

12. Berbagai pihak lainnya yang tidak dapat diucapkan satu per satu.

Pada kesempatan ini pun penulis ingin memohon maaf apabila di dalam penulisan skripsi ini masih terdapat banyak kekurangan dan berbagai hal lainnya. Penulis sadar bahwa skripsi ini masih belum sempurna. Seluruh kritik dan saran yang membangun untuk skripsi ini sangat saya hargai. Semoga tugas akhir ini dapat berguna baik bagi para pembaca ataupun penelitian berikutnya.

Bandung, 27 Juli 2019

Penulis

DAFTAR ISI

| | |
|--|--------------|
| ABSTRAK | i |
| ABSTRACT | ii |
| KATA PENGANTAR | iii |
| DAFTAR ISI | v |
| DAFTAR TABEL | ix |
| DAFTAR GAMBAR | xi |
| DAFTAR LAMPIRAN | xiii |
| BAB I PENDAHULUAN | I-1 |
| I.1 Latar Belakang Masalah..... | I-1 |
| I.2 Identifikasi Masalah | I-3 |
| I.3 Pembatasan Masalah dan Asumsi Penelitian | I-6 |
| I.4 Tujuan Penelitian | I-6 |
| I.5 Manfaat Penelitian..... | I-6 |
| I.6 Metodologi Penelitian | I-7 |
| I.7 Sistematika Laporan..... | I-10 |
| BAB II TINJAUAN PUSTAKA | II-1 |
| II.1 <i>Travelling Salesman Problem dan Asymmetric Travelling Salesman Problem</i> | II-1 |
| II.2 <i>Farmland Fertility</i> | II-3 |
| II.2.1 <i>Initial Values</i> | II-4 |
| II.2.2 <i>Determining Soil Quality in Each Part of Farmland</i> | II-5 |
| II.2.3 <i>Update Memories</i> | II-5 |
| II.2.4 <i>Changing Soil Quality in Each Part of Farmland</i> | II-6 |
| II.2.5 <i>Soil Combination</i> | II-6 |
| II.2.6 <i>Final Conditions</i> | II-7 |
| II.3 <i>Random Key Encoding</i> | II-7 |
| II.4 <i>Local Search Two Opt</i> | II-8 |
| II.5 <i>Analysis of Variance (ANOVA)</i> | II-9 |
| BAB III PERANCANGAN ALGORITMA | III-1 |
| III.1 Identifikasi Elemen ATSP | III-1 |
| III.2 <i>Farmland Fertility</i> pada ATSP | III-4 |

| | | |
|--|---|-------------|
| III.3 | Pencarian Solusi dengan Algoritma FF | III-5 |
| III.3.1 | Inisialisasi Populasi Awal | III-9 |
| III.3.2 | Perhitungan <i>Fitness</i> | III-12 |
| III.3.3 | <i>Updating Global Memory and Local Memory</i> | III-12 |
| III.3.4 | Mengubah Kualitas Tanah | III-13 |
| III.3.5 | Kombinasi Tanah | III-16 |
| III.3.6 | Penentuan Solusi Terbaik | III-16 |
| III.4 | Perancangan Algoritma FF untuk ATSP | III-17 |
| III.4.1 | Perancangan Algoritma Utama | III-17 |
| III.4.1 | Notasi Algoritma | III-19 |
| III.4.2 | Algoritma Pembentukan Solusi Awal (B) | III-21 |
| III.4.3 | Algoritma Perhitungan <i>Fitness</i> (C) | III-22 |
| III.4.4 | Algoritma Pembaharuan <i>Memory</i> (D) | III-24 |
| III.4.5 | Algoritma Perubahan Kualitas Tanah (E) | III-25 |
| III.4.6 | Algoritma Kombinasi Tanah (F) | III-26 |
| III.4.7 | Algoritma Pengurutan Kota (G) | III-29 |
| III.4.8 | Algoritma Pengurutan Bilangan Acak (H) | III-31 |
| III.4.9 | Algoritma Pencarian Solusi (I) | III-32 |
| III.4.10 | Algoritma Pembaharuan <i>Local Memory</i> (J) | III-34 |
| III.4.11 | Algoritma Pembaharuan <i>Global Memory</i> (K) | III-36 |
| III.4.12 | Algoritma Penentuan Bagian Terburuk (L) | III-38 |
| III.4.13 | Algoritma Perubahan Setiap Bagian Pertanian (M) ... | III-39 |
| III.4.14 | Algoritma Evaluasi Solusi (N) | III-42 |
| III.4.15 | Algoritma Penentuan Solusi Terbaik (O) | III-43 |
| III.5 | Validasi Algoritma <i>Farmland Fertility</i> | III-45 |
| III.6 | Verifikasi dan Validasi Program | III-51 |
| III.7 | Percobaan Implementasi Program | III-61 |
| III.8 | Algoritma <i>Local Search Two-Opt</i> | III-63 |
| III.8.1 | Validasi Algoritma <i>Local Search Two Opt</i> | III-66 |
| III.8.2 | Validasi dan Verifikasi Program <i>Local Search</i> | III-67 |
| BAB IV IMPLEMENTASI ALGORITMA | | IV-1 |
| IV.1 | Penentuan Parameter <i>Farmland Fertility</i> | IV-1 |
| IV.2 | Pengujian dan Penentuan Parameter Algoritma <i>Farmland Fertility</i> | IV-5 |

| | | |
|------------------------------|--|-------------|
| IV.2.1 | Pengujian Parameter Pada Kasus BR17 | IV-6 |
| IV.2.2 | Pengujian Parameter Pada Kasus FTV33 | IV-8 |
| IV.2.3 | Pengujian Parameter Pada Kasus FTV44 | IV-10 |
| IV.2.4 | Pengujian Parameter Pada Kasus FTV55 | IV-12 |
| IV.2.5 | Pengujian Parameter Pada Kasus FTV70 | IV-15 |
| IV.3 | Implementasi dan Perbandingan Algoritma pada Kasus Benchmark | IV-17 |
| BAB V | ANALISIS | V-1 |
| V.1 | Analisis Perancangan Algoritma | V-1 |
| V.2 | Analisis Parameter Algoritma | V-3 |
| V.2.1 | Analisis Parameter k dan n | V-3 |
| V.2.2 | Analisis Parameter Q | V-4 |
| V.2.3 | Analisis Parameter α | V-4 |
| V.2.4 | Analisis Parameter β | V-5 |
| V.2.5 | Analisis Parameter ω | V-6 |
| V.3 | Analisis Performansi Algoritma | V-7 |
| BAB VI | KESIMPULAN DAN SARAN | VI-1 |
| VI.1 | Kesimpulan | VI-1 |
| VI.2 | Saran | VI-2 |
| DAFTAR PUSTAKA | | |
| LAMPIRAN | | |
| RIWAYAT HIDUP PENULIS | | |

DAFTAR TABEL

| | |
|--|--------|
| Tabel I. 1 Perbandingan FF dengan Algoritma Lain | I-4 |
| Tabel II. 1 Tabel Perhitungan ANOVA..... | II-9 |
| Tabel III. 1 Matriks Jarak ATSP | III-2 |
| Tabel III. 2 Elemen-elemen ATSP | III-3 |
| Tabel III. 3 Elemen-elemen Metaheuristik | III-4 |
| Tabel III. 4 Elemen-elemen ATSP pada FF | III-5 |
| Tabel III. 5 Pembangkitan Bilangan Acak pada Vektor..... | III-10 |
| Tabel III. 6 <i>Decoding</i> Hasil Pembangkitan Bilangan Acak..... | III-10 |
| Tabel III. 7 Perhitungan Total Jarak | III-11 |
| Tabel III. 8 Ilustrasi Pembangkitan Populasi | III-11 |
| Tabel III. 9 Total Jarak Setiap Tanaman | III-12 |
| Tabel III. 10 Hasil <i>Fitness</i> | III-12 |
| Tabel III. 11 Hasil Perubahan | III-15 |
| Tabel III. 12 Notasi algoritma <i>Farmland Fertility</i> | III-20 |
| Tabel III. 13 Notasi Algoritma Pembangkitan Solusi Awal | III-22 |
| Tabel III. 14 Notasi Algoritma <i>Fitness Section</i> | III-23 |
| Tabel III. 15 Notasi Algoritma Kombinasi Tanah..... | III-27 |
| Tabel III. 16 Notasi Algoritma Pengurutan Kota | III-29 |
| Tabel III. 17 Notasi Algoritma Pengurutan Bilangan Acak | III-31 |
| Tabel III. 18 Notasi Algoritma Pencarian Solusi..... | III-33 |
| Tabel III. 19 Notasi Algoritma Pembaharuan <i>Local Memory</i> | III-35 |
| Tabel III. 20 Notasi Algoritma Pembaharuan <i>Global Memory</i> | III-38 |
| Tabel III. 21 Notasi Algoritma Penentuan Bagian Terburuk..... | III-39 |
| Tabel III. 22 Notasi Algoritma Perubahan Setiap Bagian Pertanian | III-42 |
| Tabel III. 23 Notasi Algoritma Evaluasi Solusi..... | III-43 |
| Tabel III. 24 Notasi Algoritma Pencarian Solusi Terbaik..... | III-44 |
| Tabel III. 25 Matriks Kota | III-46 |
| Tabel III. 26 Matriks Populasi Awal | III-46 |
| Tabel III. 27 Hasil Pengurutan Bilangan Acak..... | III-47 |
| Tabel III. 28 Urutan Kota Populasi Awal..... | III-47 |

| | |
|---|--------|
| Tabel III. 29 Solusi Awal | III-47 |
| Tabel III. 30 Hasil <i>Fitness</i> | III-48 |
| Tabel III. 31 Penyimpanan Hasil Terbaik..... | III-48 |
| Tabel III. 32 Hasil Perubahan Kualitas Tanah..... | III-49 |
| Tabel III. 33 Hasil Urutan Kota Perubahan Kualitas Tanah | III-49 |
| Tabel III. 34 Solusi Perubahan Kualitas Tanah | III-49 |
| Tabel III. 35 Hasil Perubahan Kombinasi Tanah..... | III-50 |
| Tabel III. 36 Urutan Kota Kombinasi Tanah | III-50 |
| Tabel III. 37 Hasil Solusi Kombinasi Tanah..... | III-50 |
| Tabel III. 38 Verifikasi Nilai <i>Parameter</i> | III-57 |
| Tabel III. 39 Hasil Implementasi Program | III-61 |
| Tabel III. 40 Implementasi dengan <i>Local Search</i> | III-61 |
| Tabel III. 41 Notasi Algoritma <i>Two Opt</i> | III-64 |
| Tabel III. 42 <i>Two Opt</i> Populasi Pertama Urutan Pertama..... | III-67 |
| Tabel III. 43 Kemungkinan <i>Two Opt</i> Populasi Pertama | III-67 |
| Tabel IV. 1 Penentuan Jumlah Iterasi | IV-3 |
| Tabel IV. 2 Kombinasi Pengujian Parameter | IV-4 |
| Tabel IV. 3 Hasil Pengujian Parameter BR17 | IV-6 |
| Tabel IV. 4 Hasil Pengujian Parameter FTV33 | IV-8 |
| Tabel IV. 5 Penentuan Parameter α Kasus FTV33..... | IV-9 |
| Tabel IV. 6 Hasil Pengujian Parameter FTV44 | IV-10 |
| Tabel IV. 7 Hasil Pengujian Parameter α FTV44..... | IV-12 |
| Tabel IV. 8 Hasil Pengujian Parameter FTV55 | IV-13 |
| Tabel IV. 9 Hasil Pengujian Parameter α FTV55 | IV-14 |
| Tabel IV. 10 Hasil Pengujian Parameter kasus FTV70..... | IV-15 |
| Tabel IV. 11 Hasil Pengujian Parameter α FTV70..... | IV-16 |
| Tabel IV. 12 Nilai yang Digunakan Dalam Implementasi..... | IV-18 |
| Tabel IV. 13 Hasil Implementasi Algoritma | IV-18 |
| Tabel IV. 14 Urutan Kota yang Dikunjungi | IV-19 |
| Tabel IV. 15 Perbandingan Performansi Algoritma..... | IV-19 |

DAFTAR GAMBAR

| | |
|---|--------|
| Gambar I. 1 Metodologi Penelitian | I-8 |
| Gambar II. 1 <i>Flowchart Farmland Fertility</i> | II-4 |
| Gambar II. 2 Ilustrasi <i>Random Key</i> | II-8 |
| Gambar II. 3 Ilustrasi 2-Opt..... | II-8 |
| Gambar III. 1 Langkah Besar Algoritma FF | III-6 |
| Gambar III. 2 Algoritma Utama FF | III-19 |
| Gambar III. 3 Algoritma Pembentukan Solusi Awal | III-22 |
| Gambar III. 4 Algoritma Pencarian <i>Fitness</i> | III-24 |
| Gambar III. 5 Algoritma Pembaharuan <i>Memory</i> | III-25 |
| Gambar III. 6 Algoritma Perubahan Kualitas Tanah | III-26 |
| Gambar III. 7 Algoritma Kombinasi Tanah | III-28 |
| Gambar III. 8 Algoritma Pengurutan Kota | III-30 |
| Gambar III. 9 Algoritma Pengurutan Bilangan Acak | III-32 |
| Gambar III. 10 Algoritma Pencarian Solusi | III-34 |
| Gambar III. 11 Algoritma Pembaharuan <i>Local Memory</i> | III-36 |
| Gambar III. 12 Algoritma Pembaharuan <i>Global Memory</i> | III-37 |
| Gambar III. 13 Algoritma Penentuan Bagian Terburuk..... | III-39 |
| Gambar III. 14 Algoritma Perubahan Setiap Bagian Pertanian | III-41 |
| Gambar III. 15 Algoritma Evaluasi Solusi | III-43 |
| Gambar III. 16 Algoritma Penentuan Solusi Terbaik..... | III-45 |
| Gambar III. 18 Algoritma Two Opt..... | III-65 |
| Gambar III. 19 Algoritma Utama dengan <i>Two Opt</i> | III-66 |
| Gambar IV. 1 <i>Interval Plot</i> Parameter α Kasus FTV33..... | IV-10 |
| Gambar IV. 2 <i>Interval Plot</i> Parameter α Kasus FTV44..... | IV-12 |
| Gambar IV. 4 <i>Interval Plot</i> Parameter α Kasus FTV55..... | IV-15 |
| Gambar IV. 6 <i>Interval Plot</i> Parameter α Kasus FTV70..... | IV-17 |

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran A: Pseudocode Algoritma *Farmland Fertility*

Lampiran B: Validasi Perancangan Algoritma *Farmland Fertility*

Lampiran C: Soal Kasus BR17

Lampiran D: Soal Kasus FTV33

Lampiran E: Soal Kasus FTV44

Lampiran F: Soal Kasus FTV55

Lampiran G: Soal Kasus FTV70

BAB I

PENDAHULUAN

Pada bab pendahuluan dibahas mengenai latar belakang dilakukannya penelitian kali ini. Setelah latar belakang tersebut dibahas, masalah pun dapat diidentifikasi. Selain itu terdapat pembatasan masalah dan asumsi penelitian agar penelitian ini dapat dijalankan dengan baik dan terfokus pada tujuan penelitiannya. Ditampilkan juga manfaat dari dilakukannya penelitian ini. Lalu ditampilkan metodologi penelitian sebagai langkah-langkah yang digunakan dalam menjalankan penelitian. Yang terakhir disajikan mengenai sistematika laporan.

I.1 Latar Belakang Masalah

Melihat pasar pertumbuhan *e-commerce* di Indonesia sejak tahun 2014, Euromonitor mencatat penjualan online di Indonesia sudah mencapai US\$1,1 miliar (<https://www.wartaekonomi.co.id/read216302/pertumbuhan-e-commerce-pesat-di-indonesia.html>). Dalam penjualan barang-barang secara *online*, dibutuhkan jasa pengantar dari tempat penjual ke tempat pembeli. Secara tidak langsung, dengan pertumbuhan *e-commerce* yang begitu pesat, pertumbuhan bisnis logistik atau ekspedisi di Indonesia pun meningkat.

Bisnis logistik atau ekspedisi tersebut bertugas untuk mengirimkan barang yang dibeli dari penjual, sampai ke tangan konsumen. Dalam pengiriman barang ini tentu saja pihak logistik harus mencari tahu rute-rute yang dilalui agar sampai ke konsumen tepat waktu dan juga meminimasi biaya operasional. Salah satu cara untuk mencapai dua tujuan tersebut adalah dengan mencari jarak terdekat dari tempat logistik berada ke tempat-tempat pengiriman barang tersebut dikirimkan. Semakin dekat jarak pengiriman tentu saja biaya seperti bahan bakar pun akan semakin berkurang. Permasalahan tersebut merupakan salah satu contoh dari permasalahan *travelling salesman problem* (TSP).

Selain dari pemilihan rute, di dalam gudang itu sendiri pun terdapat permasalahan sendiri seperti pengambilan barang-barang yang disimpan digudang. Menurut Matai (2010), *Order-Picking* merupakan salah satu permasalahan yang muncul di gudang bagaimana rute-rute yang harus digunakan

agar proses pengambilan barang tersebut cepat. Tentu saja semakin cepat pengambilan barang maka semakin kecil pula *cost* yang ada. Menurut Matai (2010) pun permasalahan ini dapat dilihat sebagai permasalahan TSP.

TSP adalah sebuah permasalahan yang melibatkan seorang *salesman* yang harus mengunjungi setiap kota yang ada dan kembali ke posisi awal dengan jarak seminimal mungkin (Gutin & Punnen, 2002). Terdapat beberapa variasi dari TSP sendiri. Salah satu variasi yang ada yaitu *Asymmetric Travelling Salesman Problem* yang biasa disingkat sebagai ATSP.

Perbedaan antara TSP dan ATSP adalah jarak yang harus ditempuh oleh *salesman*. Pada TSP, jarak dari kota A ke kota B dan dari kota B ke kota A akan memberikan jarak yang sama. Namun pada ATSP tidak berlaku demikian. Jarak dari kota A ke kota B tidak sama dengan jarak dari kota B ke kota A. ATSP adalah sebuah permasalahan yang lebih relevan dengan kehidupan manusia sehari-harinya. Dalam melakukan perjalanan, sering kali orang tidak akan mengambil rute yang sama. Hal tersebut dipengaruhi berbagai hal seperti kondisi jalanan yang buruk, kemacetan lalu lintas, adanya bencana, aturan pemerintah mengenai jalan raya dan berbagai hal lainnya.

Menurut Drèo, Pètrowski, Taillard, dan Siarry (2005), baik permasalahan TSP maupun permasalahan ATSP merupakan sebuah permasalahan yang masuk ke dalam *NP-hard*. Permasalahan yang masuk ke dalam kategori *NP-hard* adalah sebuah permasalahan yang tidak dapat diselesaikan dengan mencari solusi optimal dengan mudah.

NP-hard pun didefinisikan sebagai sebuah permasalahan dengan setiap metode yang digunakan belum tentu mendapatkan solusi optimalnya dalam kurun waktu yang masuk akal (Ahmia & Aider, 2019). Maka dari itu karena dengan menggunakan metode eksak membutuhkan waktu yang relatif lama dalam menyelesaikan sebuah permasalahan digunakanlah *metaheuristic* sebagai metode penyelesaian masalah. Metode *metaheuristic* adalah sebuah paradigma untuk menyelesaikan suatu masalah optimisasi yang kompleks menggunakan aturan-aturan matematika dan komputer yang canggih. Secara garis besar *metaheuristic* merupakan sebuah metode untuk mencari sebuah solusi yang mendekati solusi optimal dengan waktu yang jauh lebih singkat. (Radovsaljevic, 2018)

Tentu dengan menggunakan metode eksak akan menghasilkan sebuah solusi yang optimal, akan tetapi apabila melihat waktu yang dibutuhkan dalam

menyelesaikan sebuah permasalahan yang rumit metode eksak membutuhkan waktu yang banyak. Menurut Mahmoudi, Song, Miller, & Zhou (2019), waktu merupakan salah satu sumber daya yang penting mengingat kondisi dunia yang sangat dinamis waktu pun dapat berpengaruh terhadap kondisi keuangan yang ada. Dalam waktu yang singkat juga, biaya pengiriman dapat berubah-ubah dikarenakan kemacetan yang ada membuat konsumsi bahan bakar semakin meningkat contohnya.

Maka dari itu dengan menggunakan metaheuristik, meskipun tidak mendapatkan solusi optimal, akan tetapi usaha tersebut setimpal dengan waktu yang dibutuhkan. Metode metaheuristik akan menghasilkan sebuah solusi yang dapat diterima dengan waktu yang jauh lebih sedikit (Talbi, 2009). Oleh karena itu banyak sekali masalah optimisasi yang dapat diselesaikan dengan metode metaheuristik.

I.2 Identifikasi Masalah

Seperti yang sudah dijelaskan sebelumnya, *asymmetric travelling salesman problem* (ATSP) merupakan permasalahan seorang *salesman* untuk menempuh seluruh kota yang ada dan kembali ke kota asal dengan jarak yang paling minimum. ATSP sendiri memiliki perbedaan dengan TSP yaitu jarak antara kota A dan B tidaklah sama dengan jarak antara kota B ke kota A.

Ada banyak cara untuk menyelesaikan ATSP, salah satunya adalah dengan menggunakan metode eksak seperti *branch and bound*. Namun seperti yang sudah disinggung sebelumnya, mengingat ATSP merupakan permasalahan *NP-Hard* yaitu semakin banyak kota yang dikunjungi, maka waktu penyelesaiannya pun semakin lama. Jika digunakan *branch and bound*, semakin banyak kota yang ada, maka diperlukan waktu yang lama untuk menyelesaikan ATSP. Maka dari itu digunakanlah sebuah metode *heuristic*, yang dapat menyelesaikan ATSP dalam waktu yang relatif singkat meskipun tidak menghasilkan solusi yang optimal (Gutin & Punnen, 2002). Namun metode *heuristic* sendiri pun masih memiliki kelemahan yaitu metode *heuristic* ini terjebak pada *local optimum*, *heuristic* hanya mendapatkan solusi di *local search*, tetapi bukan solusi pada *global search*. Contoh dari metode *heuristic* adalah *Nearest Neighborhood*. Maka dari itu digunakanlah metode *metaheuristic* untuk menutupi kelemahan metode *heuristic*. Dengan menggunakan *metaheuristic* diharapkan

solusi-solusi yang belum ditemukan pada *heuristic*, dapat ditemukan sehingga kelemahan *heuristic* yaitu terjebak di *local optimum* dapat diatasi.

Kasus ATSP pun sudah pernah diselesaikan oleh beberapa *metaheuristic* seperti *Elephant Herding Optimization* (Santosa, 2017), *Lion Optimization* (Elim, 2018), *Harmony Search Algorithm* (Petrus, 2017), *Multiverse Algorithm* (Gunardi, 2018), dan lain-lain. Dari hasil penelitian-penelitian tersebut, FGA dan EHO menghasilkan performansi yang sama yaitu mampu mencapai *best known solution* pada *benchmark* BR17, FTV33, FTV44, dan FTV55, jauh lebih baik daripada hasil HSA. Namun FGA dan EHO sendiri tidak mencapai *best known solution* pada kasus *benchmark* FTV70. Hal ini menunjukkan bahwa tidak semua *metaheuristic* pun dapat menyelesaikan kasus-kasus pada ATSP. Maka dari itu penggunaan *metaheuristic* lainnya tidak menutup kemungkinan akan menghasilkan hasil yang jauh lebih baik daripada penerapan *metaheuristic* sebelumnya.

Salah satu *metaheuristic* lainnya adalah *farmland fertility* (FF). Menurut Shayanfar dan Gharechopogh (2018), FF telah dibandingkan dengan algoritma lainnya seperti *Genetic algorithm* dan *harmony search* pada kasus-kasus fungsi seperti pada tabel I.1. Dari hasil yang ditunjukkan, FF menunjukkan performansi yang lebih baik daripada algoritma lainnya. FF memiliki performansi yang sangat baik di permasalahan yang kecil, dan memiliki performansi yang lebih baik di permasalahan yang lebih besar dibandingkan dengan algoritma lainnya. Efektivitas algoritma lainnya menurun seiring dengan jumlah dimensi yang semakin besar, dan FF mampu menunjukkan sebaliknya (Shayanfar & Gharechopogh, 2018). Berdasarkan hal tersebut, FF diharapkan mampu mendapatkan hasil *best known solution* pada permasalahan diskrit sekalipun percobaan yang dilakukan pada permasalahan *continuous*. Tabel I.1 berikut menunjukkan performa FF dibandingkan dengan algoritma lainnya pada beberapa kasus fungsi yang ada.

Tabel I. 1 Perbandingan FF dengan Algoritma Lain

| No | Function | HAS | GA | FF |
|----|-------------------------|-----------|------------|----------|
| 1 | Sphere | 5919 | 5,517 | 2,5671 |
| 2 | Sum of Different Power | 2,573E+33 | 7,488E+0,4 | 2322100 |
| 3 | Rotated Hyper-ellipsoid | 41240 | 82,8 | 10,6824 |
| 4 | Griewank | 43,75 | 0,108 | 0,10314 |
| 5 | Rastrigin | 133 | 29,94 | 31,277 |
| 6 | Levy | 13,66 | 1,093 | 0,067768 |

(Lanjut)

Tabel I.1 Perbandingan FF dengan Algoritma Lain (Lanjutan)

| No | Function | HAS | GA | FF |
|----|-----------------|----------|---------|-----------|
| 7 | Ackley | 13,38 | 2,595 | 9,582E-05 |
| 8 | Schwefel | 2281 | 2736 | 3957 |
| 9 | Rosenbrock | 84370 | 104,8 | 237,1 |
| 10 | Zakharov | 296 | 11220 | 36,0277 |
| 11 | Dixon-Price | 40570 | 12,07 | 45,644 |
| 12 | Michalewicz | -14,77 | -24,73 | -27,9383 |
| 13 | Powell | 12690 | 72,06 | 72,449 |
| 14 | Alpine | 9,95 | 0,1029 | 0,083781 |
| 15 | Styblinski-Tang | 391,5 | 261,1 | 72,449 |
| 16 | Bent Cigar | 61100000 | 1474000 | 23128 |

Farmland fertility (FF) merupakan metaheuristik yang ditemukan oleh Human Shayanfar dan Farhad Soleimanian Gharechopogh pada tahun 2018. Metaheuristik ini merupakan sebuah metaheuristik yang berdasarkan kejadian-kejadian natural. Dalam sebuah pertanian, petani membagi-bagi lahan pertaniannya menjadi beberapa bagian bergantung pada kualitas tanahnya. Kualitas tanah tersebut dapat berubah dengan menambahkan beberapa material spesial. Material spesial tersebut meliputi pupuk kimia, pupuk organik, pupuk yang bersumber dari hewan dan tumbuhan, atau berbagai jenis material yang digunakan petani untuk meningkatkan kualitas dari pertaniannya. Setelah itu para petani akan melihat hasil dari pemberian pupuk tersebut berdasarkan hasil produksi tanamannya. Petani-petani akan mencatat pemeberian pupuknya pada setiap bagiannya. Penggunaan material-material tersebut membantu para petani dalam untuk mendapatkan hasil tanaman yang subur dan segar. (Shayanfar & Gharechopogh, 2018)

Dalam menjalankan suatu algoritma pun, terdapat beberapa parameter yang harus diatur. Pada FF, terdapat beberapa parameter yaitu k yang menunjukkan berapa banyak bagian pada tanah pertanian tersebut, α dan β yang dianalogikan sebagai pupuk pada algoritma FF yang diharapkan dapat meningkatkan kualitas tanah tersebut, dan yang terakhir adalah ω yang dianalogikan sebagai kombinasi tanah yang mungkin menghasilkan tanaman yang lebih baik (Shayanfar & Gharechopogh, 2018). Setiap parameter tersebut, harus dilakukan pengujian parameter mana saja yang memiliki pengaruh terhadap

permasalahan yang ada. Berdasarkan identifikasi tersebut, berikut merupakan rumusan masalah yang disajikan dalam penelitian kali ini:

1. Apakah algoritma *Farmland Fertility* dapat diterapkan dalam menyelesaikan kasus *asymmetric travelling salesman problem*?
2. Apakah parameter-parameter k , N , Q , α dan β dalam *Farmland Fertility* mempengaruhi performansinya?
3. Bagaimana perbandingan hasil solusi pada persoalan kasus *benchmark* BR17, FTV33, FTV44, FTV55, dan FTV70 dengan algoritma EHO, LO, dan HSA?

I.3 Pembatasan Masalah dan Asumsi Penelitian

Dalam melakukan sebuah penelitian, digunakan batasan-batasan untuk membatasi penelitian untuk memfokuskan penelitian itu sendiri. Batasan-batasan yang digunakan adalah sebagai berikut:

1. Penerapan metaheuristik sebatas pada kasus BR17, FTV33, FTV44, FTV55, dan FTV70
2. Waktu komputasi bukan menjadi ukuran performansi dari pengujian metaheuristik sendiri.

I.4 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian menjawab identifikasi masalah dari dilakukannya penelitian kali ini. Dengan adanya tujuan masalah diharapkan penelitian yang dilakukan akan memberikan jawaban atas masalah yang ada. Berikut merupakan tujuan penelitiannya:

1. Merancang langkah-langkah algoritma *farmland fertility* untuk diterapkan pada kasus *asymmetric travelling salesman problem*.
2. Mencari tahu pengaruh parameter-parameter pada algoritma *farmland fertility*.
3. Membandingkan hasil implementasi algoritma *farmland fertility* dengan hasil algoritma lainnya pada kasus serupa.

I.5 Manfaat Penelitian

Dari setiap penelitian tentu diharapkan akan memberikan manfaat-manfaat yang banyak. Tidak bagi penulis saja akan tetapi bagi para pembaca yang

tertarik pada topik yang diangkat ataupun para peneliti yang bekerja di bidang yang mirip. Berikut merupakan manfaat yang dapat diberikan pada penelitian kali ini:

1. Menambah wawasan mengenai metaheuristik.
2. Memberikan ide baru bagi para peneliti yang bekerja di bidang yang sama dengan penelitian ini.

I.6 Metodologi Penelitian

Sebelum penelitian dilakukan, perlu dirumuskan terlebih dahulu metodologi penelitiannya. Metodologi penelitian menunjukkan langkah-langkah yang dilakukan saat penelitian berlangsung. Tujuan dibuatnya metode penelitian sendiri adalah agar

penelitian yang berjalan tidak melenceng atau memiliki petunjuk yang pasti untuk peneliti agar melakukan penelitiannya dengan runut. Berikut merupakan metodologi penelitian yang dilakukan dalam melakukan penerapan algoritma *farmland fertility* yang diterapkan dalam menyelesaikan *asymmetric travelling salesman problem*.

1. Studi Literatur

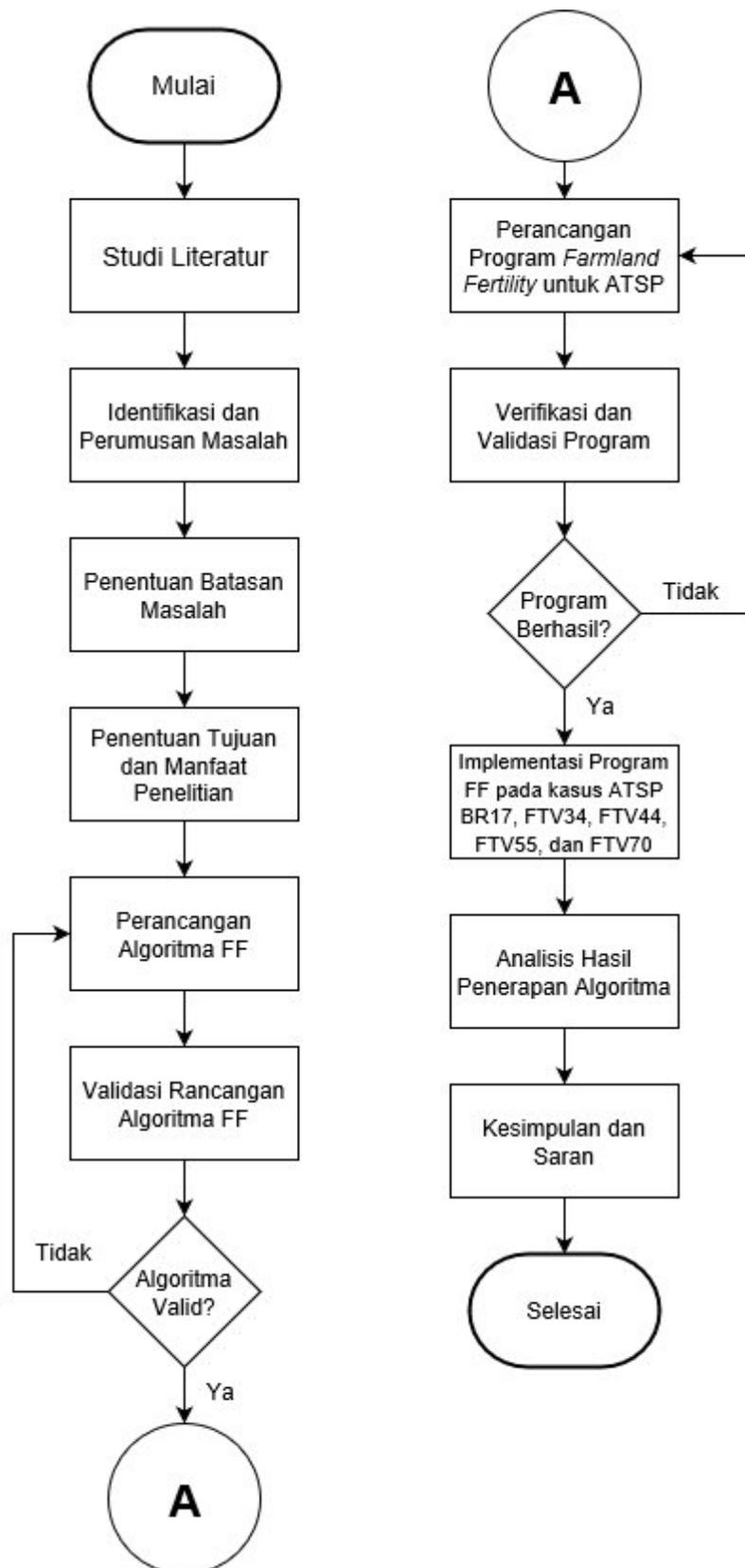
Studi literatur dilakukan dengan membaca sumber-sumber seperti buku, jurnal, atau artikel mengenai penelitian-penelitian. Semua sumber tersebut membahas baik mengenai topik *asymmetric travelling salesman problem*, algoritma *farmland fertility*, metaheuristik dan berbagai topik-topik yang berkaitan dengan penelitian.

2. Identifikasi dan Perumusan Masalah

Setelah mengetahui permasalahan yang ada pada ATSP itu sendiri, kemudian dilakukan identifikasi masalah mengenai ATSP itu sendiri. Selain itu identifikasi kali ini menyangkut algoritma FF itu sendiri dan bagaimana cara menerapkan FF. Setelah identifikasi dilakukan, kemudian rumusan masalah dapat dibentuk.

3. Penentuan Batasan Masalah

Batasan masalah ditentukan agar penelitian tidak meluas ke topik yang tidak semestinya. Selain itu dengan adanya batasan masalah akan mempermudah peneliti melakukan penelitiannya.



Gambar I. 1 Metodologi Penelitian

4. Penentuan Tujuan dan Manfaat Penelitian

Tujuan penelitian harus dibuat agar peneliti memiliki objektif dalam melakukan penelitiannya. Tujuan ini pun memiliki maksud agar hasil yang didapatkan dari penelitian akan menjawab rumusan masalah yang muncul. Selain itu perlunya manfaat penelitian agar peneliti tidak hanya melakukan penelitian bagi dirinya sendiri tapi memiliki fungsi bagi khalayak.

5. Perancangan Modifikasi Algoritma FF untuk Menyelesaikan ATSP

Setelah dilakukan studi literatur terkait, akan dirancang algoritma FF untuk menyelesaikan permasalahan ATSP. Selain itu akan dirancang pula modifikasi FF.

6. Validasi Rancangan Algoritma

Validasi dilakukan untuk memastikan algoritma yang telah disusun dapat menyelesaikan ATSP. Selain itu pada tahap validasi pun akan diketahui kesalahan-kesalahan yang mungkin terjadi pada saat perancangan algoritma itu sendiri. Apabila rancangan algoritma telah valid, maka akan dilanjutkan ke tahap berikutnya. Namun apabila rancangan algoritma belum valid, maka algoritma tersebut harus dirancang kembali.

7. Perancangan Program *Farmland Fertility* untuk ATSP

Setelah algoritma tersebut tervalidasi, langkah berikutnya adalah perancangan program sesuai dengan algoritma yang telah dibuat. Program tersebut dibuat pada *software* MATLAB R2018a. Tujuan pembuatan program tersebut adalah untuk diimplementasikan pada kasus ATSP.

8. Verifikasi dan Validasi Program

Verifikasi dan validasi program perlu dilakukan untuk memastikan rancangan program yang telah dibuat telah sesuai dengan algoritma yang telah dibuat. Selain itu pada proses ini pun memastikan apakah program yang dirancang sudah sesuai untuk menyelesaikan permasalahan ATSP. Setelah program yang dibuat terverifikasi dan tervalidasi, maka langkah selanjutnya adalah penerapan program terhadap ATSP. Apabila belum terverifikasi dan tervalidasi, maka rancangan program harus dibuat kembali.

9. Implementasi Program

Penerapan program yaitu langkah dalam menyelesaikan permasalahan terkait. Masalah-masalah *benchmark* pada kasus ATSP akan diterapkan ke dalam program yang telah dibuat untuk dicari tahu solusi yang berhasil didapatkan.

Kasus-kasus *benchmark* tersebut yakni BR17, FTV17, FTV33, FTV44, FTV55, dan FTV70.

10. Analisis

Dari hasil penerapan program tersebut akan dilakukan analisis mengenai hasil dari penerapan algoritma terhadap ATSP. Analisis dilakukan dengan menggunakan ANOVA. ANOVA digunakan dalam mencari parameter-parameter apa saja yang berpengaruh terhadap ATSP.

11. Kesimpulan dan Saran

Pada kesimpulan akan dibahas mengenai hasil penelitian yang dilakukan. Selain itu kesimpulan pun akan memberikan jawaban terhadap rumusan masalah yang menjadi tujuan penelitian ini dilakukan. Untuk saran penelitian pun diberikan baik untuk para pembaca maupun penelitian selanjutnya.

I.7 Sistematika Laporan

Pada sub bab ini, dijelaskan mengenai kerangka penulisan laporan mengenai penerapan algoritma *Farmland Fertility* untuk menyelesaikan kasus ATSP. Kerangka tersebut terdiri dari bab-bab yang ada di penulisan laporan ini, beserta penjelesan singkat mengenai isi setiap bab. Berikut merupakan sistematika laporan penelitian ini.

BAB I PENDAHULUAN

Pada bab pendahuluan dibahas mengenai latar belakang permasalahan diangkatnya penelitian ini, identifikasi permasalahan dari penelitian ini, pembatasan dan asumsi yang digunakan selama melakukan penelitian, tujuan dari penelitian, manfaat dilakukannya penelitian, metodologi penelitian dan sistematika penulisan laporan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab tinjauan pustaka, disajikan literatur-literatur yang dijadikan dasar teori dalam melakukan penelitian ini. Literatur tersebut meliputi literatur mengenai ATSP, algoritma *Farmland Fertility*, *random key encoding*, *two opt*, dan ANOVA.

BAB III PERANCANGAN ALGORITMA

Pada bab perancangan algoritma, dibahas mengenai perancangan algoritma *farmland fertility* untuk menyelesaikan kasus ATSP. Perancangan dimulai dengan identifikasi elemen-elemen di dalam ATSP, elemen-elemen di dalam algoritma *Farmland Fertility*, dan perancangan algoritma *Farmland Fertility* dalam bentuk *flowchart* dan *pseudocode* untuk menyelesaikan masalah ATSP. Lalu dibahas pula mengenai verifikasi dan validasi program yang telah dirancang menggunakan MATLAB 2018a.

BAB IV IMPLEMENTASI ALGORITMA

Pada bab implementasi algoritma, dibahas mengenai penentuan parameter-parameter yang digunakan dalam implementasi pada kasus-kasus ATSP, penerapan algoritma pada kasus *benchmark* ATSP, uji hipotesis ANOVA dari setiap parameter yang diuji pada setiap kasus yang ada kemudian dicari nilai parameter terbaiknya.

BAB V ANALISIS

Pada bab analisis, disajikan mengenai analisis dari hasil yang didapatkan setelah implementasi tersebut dilakukan.

BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bab kesimpulan dan saran, diberikan kesimpulan setelah penelitian selesai dilaksanakan dan juga menjawab rumusan masalah yang dirumuskan pada bab pendahuluan. Selain itu diberikan saran baik untuk para pembaca, peneliti, ataupun penelitian selanjutnya baik mengenai algoritma *Farmland Fertility* atau algoritma secara umum.